УДК 656.13.05

В.Н. Шуть
Брестский государственный технический университет,
Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267, 224017 *lucking@mail.ru*

Мультиагентное управление движением транспортных средств в улично-дорожной сети города

V.N. Shuts
Brest State Technical University Belarus,
224017, Brest, st. Moskovskaya, 267

Multiagent Motion Control Vehicles in the Road Network of the City

В.Н. Шуть
Брестський державний технічний університет
Білорусь, м. Брест, 224017, вул. Московська, 267

Мультиагентний управління рухом транспортних засобів у вулично-дорожньої мережі міста

Предлагаемая в данной работе концепция (назовем её второй) бессветофорного движения подразумевает отсутствие светофоров на перекрестке и основана на принципе многоагентной системы. Автомобили как агенты обмениваются сообщениями с навигационным устройством, расположенным на перекрестке и состоящем из ЭВМ и беспроводного передатчика. При приближении к перекрестку автотранспортное средство налаживает контакт с таким устройством. Каждая машина и перекресток-навигатор оборудованы беспроводным передатчиком для взаимодействия.
Ключевые слова: дорожное движение, мультиагентная система, адаптивное управление.

Proposed in this paper, the concept (we call it the second) of movement without traffic lights implies the absence of traffic lights at the junction and based on the principle of multi-agent system. Cars as agents are exchanging with messages with a navigation device located at the crossroads, consisting of computers and a wireless transmitter. When approaching an intersection vehicle establishes contact with the device. Each machine and crossroad with navigator are equipped with wireless transmitter.
Keywords: traffic, multi-agent system, adaptive control

Пропонована в даній роботі концепція (назвемо її другий) безсвітлофорний руху увазі відсутність світлофорів на перехресті і заснована на принципі багатоагентній системи. Автомобілі як агенти обмінюються повідомленнями з навігаційним пристроєм, розташованим на перехресті і складається з ЕОМ і бездротового передавача. При наближенні до перехрестя автотранспортний засіб налагоджує контакт з таким пристроєм. Кожна машина і перехрестя-навігатор обладнані бездротовим передавачем для взаємодії.
Ключові слова: дорожній рух, система багатоагентна, адаптивне управління.

Введение

Светофоры, как средство управления транспортным движением на перекрестках, используются уже на протяжении столетия без принципиальных изменений, в то время как растущее количество АТС (автотранспортное средство) создает дорожные заторы. Известно, что главными точками торможения и переполнения улиц являются светофорные перекрестки. Светофоры настроены четким, последовательным алгоритмом, слабо меняющимся в течение дневного времени. Более эффективным способом работы светофоров является адаптивная система. Она имеет возможность получения

данных о входном потоке автотранспортных средств. В зависимости от количества транспорта изменяется время фазы светофоров. Подобная система успешно введена в эксплуатацию на проспекте Республики города Бреста [1].

И тем не менее улучшением работы светофоров возможно увеличить пропускную способность улично-дорожной сети (УДС) только на 20 – 25% [2]. Этого недостаточно для существенной разгрузки УДС. Светофорное регулирование становиться тормозом к увеличению пропускной способности УДС. С появлением интеллектуальных систем просматривается возможность отказа от светофорных объектов, как средства регулирования дорожного движения в городах.

Современные автомобили могут быть оснащены всем необходимым оборудованием для автономного движения и планирования пути на основе систем глобального позиционирования. При помощи беспроводного взаимодействия и систем позиционирования современные АТС способны образовывать многоагентную систему [3], что приводит к более эффективному дорожному движению. С развитием автономного движения, т.е. без участия человека-водителя, к существующим видам перекрестков (регулируемый и нерегулируемый) добавится регулируемый интеллектуальный. Интеллектуальный перекресток обладает более широкими возможностями, чем просто регулирование движения в сегодняшнем его виде.

Переход со временем на автономные транспортные средства потребует кардинального пересмотра принципов управления транспортными потоками в УДС города. Светофорный объект будет не только отмерять временные промежутки фаз зеленого и красного сигналов пересекающихся дорог перекрестка, но также планировать оптимальный разъезд, на основе информации о подъезжающих с различных направлений транспортных потоках.

Концепция многоагентного дорожно-транспортного движения

Концепция автономного дорожно-транспортного движения подразумевает использование принципов многоагентных систем (МАС). Автомобили, как агенты обмениваются сообщениями с навигационным устройством, расположенным на перекрестке и, состоящим из компьютера и беспроводного передатчика. При приближении к перекрестку АТС налаживает контакт с таким устройством. Каждая машина и перекресток-навигатор должны быть оборудованы беспроводным передатчиком для взаимодействия. Разработки в данной области начались сравнительно недавно, но несмотря на это такие страны гиганты как США активно решают задачи данной проблематики [4-8].

Основным элементом МАС является агент. Поэтому для создания транспортной системы на основе МАС необходимо выделить следующие агенты: агент-водитель и агент-менеджер. Агент-водитель – это транспортное средство, управляемое человеком, или автономное транспортное средство. Агент-менеджер – это система, установленная в светофор и осуществляющая управление агентами-водителями.

Основная цель для агента-водителя – достигнуть пункта назначения за минимальное время, при этом, по возможности, использовать самый короткий маршрут, чтобы затратить меньше топлива на поездку. Основная цель агента-менеджера – управление агентами-водителями, подъезжающими к перекрестку, их перестроение и создание на перекрестке безостановочного и бесконфликтного проезда транспортных средств, за минимально возможное время. Для выполнения поставленных целей агенты должны согласовывать свои интересы, стратегии поведения, координировать свои действия и разрешать конфликты между собой путем переговоров [9], [10].

Агенты-водители и агенты-менеджеры (перекресток, светофор) могут обмениваться полученными знаниями, используя некоторый специальный язык и подчиняясь установленным правилам «общения» (протоколам) в системе. МАС должна находить оптимальное решение задачи без внешнего вмешательства. Под оптимальным решением понимается решение, на которое будет потрачено наименьшее количество времени и топлива. Таким образом, минимальный набор базовых характеристик агента должен включать такие свойства как:

1) активность – агент-менеджер должен быть способен организовать и реализовать проезд на перекрестке без конфликтов и без остановок, за минимальное время;

2) реактивность – агенты-водители должны воспринимать всю необходимую информацию от окружающей среды. Окружающая среда для агента-водителя включает: дорожные знаки, дорожную разметку, других агентов-водителей, различные препятствия для движения и т.д.;

3) автономность – агенты-водители и агенты-менеджеры должны достигать поставленных целей без участия человека;

4) общительность – для достижения своих целей агенты-водители должны обмениваться информацией между собой по специально установленным протоколам коммуникации.

Автомобиль, подъезжающий к перекрестку и подключившийся к беспроводной сети, становится агентом централизованной многоагентной системы. В данной работе описана многоагентная система, в которой в качестве агентов выступают АТС и перекресток. Задача агента АТС – добраться до места назначения за оптимальное время, задача агента-перекрестка – способствовать этому в плане организации эффективного разъезда АТС на перекрестке. Агент-перекресток анализирует ситуацию, принимает решения и рассылает сообщения. Алгоритмы разъезда перекрестка, принимающие наиболее оптимальное решение, рассмотрены в данной работе.

Для решения задачи управления транспортным движением используются методы многоагентных систем. Для нашей задачи управления транспортным движением АТС-агент может изменить свое решение в любой момент независимо от других. Таким образом, например, водитель, который сначала двигался к магазину, передумал и решил поехать сразу на работу, не отразится эффективность работы всей системы. Автомобиль-агент построит такой маршрут, который будет справедливо эффективен как для самого агента, так и для МАС в целом. Заметим также, что здесь можно ввести приоритет агента. Например, у скорой помощи или пожарной машины должен быть максимальный приоритет.

Типичный сценарий мультиагентного движения

Есть несколько типичных сценариев движения. Так транспортные средства, задействованные в мультиагентной системе управления, оснащены датчиками и имеют функцию общения: возможность для обмена данными с другими транспортными средствами. Автомобили двигаются пачками, т.к. при таком способе значительно увеличивается плотность движения, при этом движение пачки происходит на больших скоростях, так как указанием рекомендованной скорости движения автомобиля управляет система. При этом для соблюдения дистанции между автомобилями на каждом из них установлен специальный датчик, который и следит за дистанцией.

Агентами в данной системе являются отдельные автомобили,пачки АТС, а также перекрестки или светофорные объекты (СФО) T, A, B, C, D, которые координируют

действия автомобилей (рис. 1). При этом управлять автомобилем может только тот СФО, в направлении которого движется данный автомобиль (в данном случае для пачек 1 и 2 это СФО Т, для пачки 4 – СФО А). Координация происходит путём задания текущей скорости, с которой должен двигаться каждый конкретный автомобиль или пачка, а также определение того, к какой пачке должен примкнуть вновь появившийся отдельный автомобиль.

Автомобили движутся пачками, т.к. при таком способе значительно увеличивается плотность движения, при этом движение пачки происходит на больших скоростях (т.к. выбор скорости автомобиля делает не человек, а СФО). Здесь СФО как агент системы имеет расширенный объем функций, которого нет у обычного светофора.

Рассмотрим процесс разъезда пачки на перекрестке. Пачка состоит из трёх рядов (левый – для автомобилей поворачивающих налево, правый – направо, средний – прямо). Текущее время t поделено на кванты времени разной продолжительности (рис. 2) и равные времени, необходимому для проезда очередной пачки АТС через перекресток и плюс небольшое время Δt, соответствующее желтому, переходному сигналу светофора для надежной очистки перекрестка от АТС текущего цикла. За каждой пачкой закреплён свой определённый квант времени, которого она должна придерживаться. Каждая пачка может пересечь перекрёсток только, если она к моменту приближения к перекрёстку входит в свой квант времени (то есть, если текущее время находится в пределах определённого кванта, то можно сказать, что пачка, закреплённая за данным квантом, в данный момент пересекает перекрёсток).

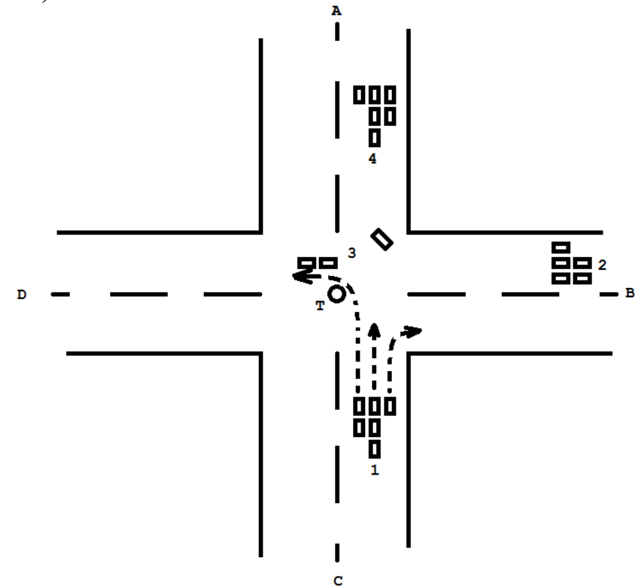


Рисунок 1 – Перекресток с агентами Т, А, В, С, Д



Рисунок 2 – Квантование времени

При этом каждая пачка прикрепляется к такому кванту времени, что это не вызовет аварийной ситуации на перекрёстке при наступлении данного кванта. Таким образом, в одном кванте не может быть нескольких пачек, пути которых пересекаются на перекрёстке (но в одном кванте может быть несколько пачек, пути которых на перекрёстке не пересекаются).

При появлении нового автомобиля на дороге, данный автомобиль информирует о своём появлении ближайший перекресток-навигатор (СФО), в направлении которого он движется. Данный перекресток-навигатор находит ближайшую пачку, к которой может присоединиться этот новый автомобиль (при этом выбирается такая пачка, что автомобиль успеет её догнать и присоединиться, и это присоединение не вызовет конфликтов с другими пачками, которым назначен тот же квант времени), если такая пачка не найдена, то данный автомобиль образует новую пачку, а перекресток-навигатор назначает в соответствие этой пачке подходящий квант времени и скорость, с которой должна двигаться пачка.

После пересечения перекрёстка навигатор «забывает» об автомобилях, которые этот перекрёсток пересекли, а эти самые автомобили сообщают о своем появлении новым перекресткам-навигаторам, в направлении которых они будут двигаться, и процедура назначения пачки и скорости для данных автомобилей повторяется.

Выводы

Никто пока точно не сможет сказать каким будет новое дорожное движение. Однако после появления автономных транспортных средств оно изменится. Агентам-автомобилям, обладающим коллективным разумом, уже будут не нужны светофоры классического типа для пересечения перекрестков. Очевидно, что резкого перехода на автономные машины невозможно по многим причинам. Поэтому обязательно будет существовать такое время, когда автономные и традиционные автомобили будут вместе ездить по дорогам, что значительно усложнит разработку эффективной работы бессветофорного или мультиагентного движения.

Но уже сегодня преимущества бессветофорного движения на базе многоагентных систем очевидны: это ускорение движения на перекрестках, уменьшение размеров автомобильных пробок, распределение загрузки автотранспортного потока между соседними дорогами.

Список литературы

1. Anfilets S. Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region / S. Anfilets, V. Shut // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – С. 222-226.
2. Dotoli M. A signal timing plan formulation for urban traffic control. Control Engineering Practice / M. Dotoli, M.P. Fanti, and C. Meloni. – 2006. – 14. – 1297-1311.
3. CassenbaumO. Supervisory control of hybrid powertrains / O. Cassenbaum // Proceedings of the International Congress of Heavy Vehicles, Road Trains and Urban Transport, (6 – 9 October 2010, Minsk, Belarus)
4. Hans Moonen, Multi-Agent Systems for Transportation Planning and Coordination, 2009.
5. Rutger Claes, Tom Holvoet, and Danny Weyns, Member, IEEE ,A Decentralized Approach for Anticipatory Vehicle Routing Using Delegate Multiagent Systems.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : SARTRE Project, www.sartre-project.net.
7. D.A. Roozemond. Using intelligent agents for urban traffic control control systems // Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Transportation Systems and Science. – 1999.– P. 69-79.

8. In The Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 04). – New York, USA, July 2004. – P. 530-537.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://masters.donntu.edu.ua/2009/fvti/zaytsev/library/book8/
10. Михневич В.А. Регулирование городского перекрестка на основе многоагентного подхода / В.А. Михневич, В.Н. Шуть // Вестник БрГТУ. – 2012. – № 5 : Физика, математика, информатика – С. 28-31.

References

1. S. Anfilets, V. Shut Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – P.222-226
2. M. Dotoli, M.P. Fanti, and C. Meloni. A signal timing plan formulation for urban traffic control. Control Engineering Practice, 14:1297 – 1311, 2006.
3. O. Cassenbaum. Supervisory control of hybrid powertrains. Proceedings of the International Congress of Heavy Vehicles, Road Trains and Urban Transport, 6-9 October 2010, Minsk, Belarus
4. Hans Moonen, Multi-Agent Systems for Transportation Planning and Coordination, 2009.
5. Rutger Claes, Tom Holvoet, and Danny Weyns, Member, IEEE ,A Decentralized Approach for Anticipatory Vehicle Routing Using Delegate Multiagent Systems.
6. SARTRE Project, www.sartre-project.net.
7. D.A.Roozemond. Using intelligent agents for urban traffic control control systems. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Transportation Systems and Science, pages 69–79, 1999.
8. In The Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 04) pp. 530-537, New York, USA, July 2004.
9. http://masters.donntu.edu.ua/2009/fvti/zaytsev/library/book8/
10. V. Mihnevitch, V. Shut. Regulation of road intersections based on multiagency system. – Vestnik BSTU. – 2012. – № 5: Physics, Mathematics, Computer Science – P. 28-31.

RESUME

V.N. Shut

Multiagent Motion Control Vehicles in the Road Network of the City

Proposed in this paper, the concept (we call it the second) of movement without traffic lights implies the absence of traffic lights at the junction and based on the principle of multi-agent system. Cars as agents are exchanging with messages with a navigation device located at the crossroads, consisting of computers and a wireless transmitter. When approaching an intersection vehicle establishes contact with the device. Each machine and crossroad with navigator are equipped with wireless transmitter.

Car that pulling up to the intersection and connecting to a wireless network becomes the agent of centralized multi-agent system. Task of agent car is to move on a particular lane road to reach the destination. Agent sends to robotized intersection a movement request and waits for a response in the form of commands "stop" and "forward." Crossroad-navigator analyzes, makes a decision and sends messages.

Статья поступила в редакцию 09.04.2014.